

UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

Examiner:

Group:

Applicant(s): POHLMANN, R.

Filed : Simultaneously

Serial No. :

For : AN ARRANGEMENT FOR DETERMINING THE
PENETRATION DEPTH ON PUTTING IN...



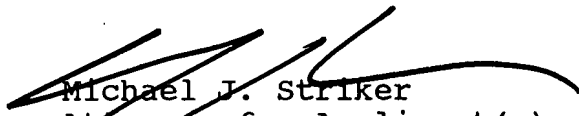
August 21, 1997

Hon. Commissioner of Patents
and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant herewith claims Convention Priority of the
foreign patent application referred to in the Declaration of
the present application. In accordance with Rule 55, a certified
copy of the foreign application is herewith submitted.

Respectfully,


Michael J. Striker
Attorney for Applicant(s)
Reg. No. 27233



Bescheinigung

Die MENCK GmbH in Ellerau/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe
beim Einbringen von Stützelementen in einen
Gewässergrund"

am 22. August 1996 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol
E 02 D 33/00 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 4. August 1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Aktenzeichen: 196 33 803.4

Wallner



Zusammenfassung

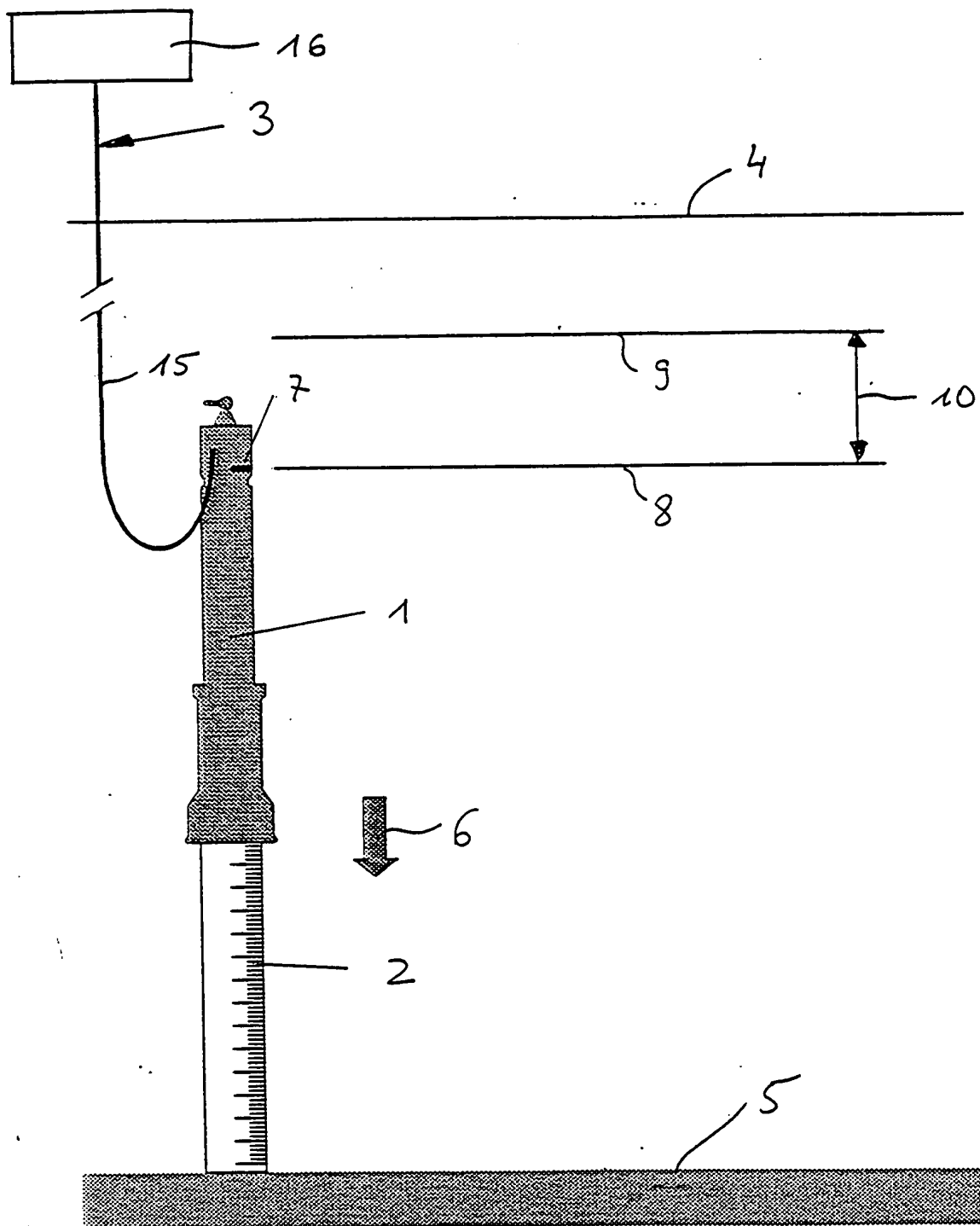
5 Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe beim
 Einbringen von Stützelementen in einen Gewässergrund

Bei einer Einrichtung zur Bestimmung der
Eindringtiefe (10) beim Einbringen von
Stützelementen (2) in einen Gewässergrund (5) ist
10 erfindungsgemäß ein Drucksensor (7) zur Messung des
Wasserdrucks vorgesehen, der am Stützelement (2) oder
an einer mit dem Stützelement (2) verbundenen
Vorrichtung (1) befestigbar ist. Die vom
Drucksensor (7) gelieferten Meßwerte (11) werden über
15 eine Signalleitung (15) an eine Auswerteeinheit (16)
übertragen, die die Eindringtiefe (10) des
Stützelements (2) aus Meßwertdifferenzen bestimmt,
die infolge des Absinkens des Drucksensors (7) beim
Eindringen des Stützelements (2) in den Gewässergrund
20 (5) auftreten.

(Fig. 1).

22-00-00

Fig. 1



Anmelder: MENCK GMBH
Unser Zeichen: 0033RPA

Vonneman & Partner

5 Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe beim
Einbringen von Stützelementen in einen Gewässergrund

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Eindringtiefe beim Einbringen von Stützelementen in einen Gewässergrund.

- 10 Bei der Einbringung von Pfählen oder Trägern in einen Gewässergrund werden oft Informationen über deren Tragfähigkeit verlangt. Im allgemeinen werden dazu an den einzubringenden Trägerelementen Markierungen in festen Abständen angebracht und die Anzahl der
- 15 Rammschläge gezählt, die durch eine Rammvorrichtung aufgebracht werden müssen, um eine bestimmte Eindringtiefe des Trägerelements zu erreichen. Die Anzahl der Rammschläge lassen unter Berücksichtigung der aufgetragenen Energie einen Rückschluß auf die
- 20 Bodenverhältnisse und die Tragfähigkeit zu. Das bekannte Verfahren eignet sich sowohl für das Einbringen von Trägerelementen über Wasser oder an Land, als auch für Gründungsarbeiten, bei denen sich Trägerelement und Rammgerät unter Wasser befinden.
- 25 Im Falle der Unterwasserrammung, die in Tiefen von mehr als 1000 m stattfinden kann, wird bei einer bekannten Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe eine Unterwasserkamera eingesetzt, die
- 30 eine optische Kontrolle der Markierungen an den Stützelementen ermöglicht. Die bekannte Einrichtung hat einerseits den Nachteil, daß Unterwasserkameras störungsanfällig sind und bei Ausfall zu
- 35 kostenträchtigen Unterbrechungen des Rambetriebs führen. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß zur Überwachung der Einbringung von Trägerelementen eine Person erforderlich ist, die einen Monitor beobachtet

und den Fortschritt des Eindringens manuell protokolliert.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Eindringtiefe beim Einbringen von Stützelementen in einen Gewässergrund anzugeben, das auf einfachen Grundlagen beruht, wenig störanfällig und automatisierbar ist.

Diese Aufgabe wird von einer erfindungsgemäßen Einrichtung gelöst, die durch einen an dem Stützelement oder an einer mit dem Stützelement verbundenen Vorrichtung befestigbaren Drucksensor zur Messung des Wasserdrucks, durch eine Vorrichtung zur Übertragung der vom Drucksensor gelieferten Meßwerte und durch eine Auswerteeinheit zur Bestimmung von Meßwertdifferenzen, die infolge des Absinkens des Drucksensors beim Eindringen des Stützelements in den Gewässergrund auftreten, gekennzeichnet ist.

Die Verfahrensaufgabe wird unter Verwendung eines zur Messung von Wasserdruck geeigneten und unter Wasser an einem Stützelement oder an einer mit dem Stützelement verbundenen Vorrichtung befestigten Drucksensors durch die nachfolgenden Verfahrensschritte gelöst:

- vor Beginn oder während des Einbringens eines Stützelements wird ein erster Meßwert des Drucksensors gemessen und als Referenzwert festgehalten;
- nach Aufwendung eines bestimmten Energiebetrags für das Einbringen des Stützelements bzw. nach Ablauf des dafür erforderlichen Zeitintervalls wird ein weiterer Meßwert des Drucksensors gemessen und festgehalten;

- aus der Differenz des vorhergehenden und des weiteren Meßwerts wird die durch das zwischenzeitliche Einbringen erzielte Eindringtiefe berechnet, vorzugsweise durch Multiplikation der Differenz mit einem geeigneten Kalibrierungsfaktor;
- falls die gewünschte Eindringtiefe noch nicht ausreicht, werden die Verfahrensschritte ab dem zweiten Verfahrensschritt wiederholt.

10 Die erfindungsgemäße Einrichtung und das
erfindungsgemäße Verfahren haben den Vorteil, daß
statt einer kompliziert aufgebauten, hochsensiblen
und stör anfälligen Unterwasserkamera im wesentlichen
15 nur der Drucksensor am Ort der Gründungsarbeiten
unter Wasser in großer Tiefe untergebracht sein muß.
Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der
Drucksensor lediglich an dem Stützelement oder an der
mit dem Stützelement verbundenen Vorrichtung
befestigt werden muß, ohne daß es wie bei der
20 Unterwasserkamera einer genauen Justierung bedarf. Im
Prinzip besteht die Erfindung darin, daß der
Drucksensor entsprechend dem Absinken des
Stützelements in den Gewässergrund ebenfalls
abgesenkt wird und daß aus der Wasserdruckdifferenz
25 im abgesenkten und im nicht abgesenkten Zustand eine
Höhendifferenz errechnet wird.

Dabei ist es weder erforderlich, daß der Drucksensor
mit dem Stützelement in den Gewässerboden abgesenkt
wird, noch daß er starr an dem Stützelement befestigt
30 ist. Vielmehr kann der Drucksensor in beträchtlicher
Höhe oberhalb des Stützelements, beispielsweise an
der das Stützelement in den Gewässerboden
einbringenden Vorrichtung befestigt sein. Möglich
wäre auch eine Befestigung des Drucksensors an einem
35 mit der Vorrichtung einerseits und einem festen Punkt

andererseits in Verbindung stehenden Hebelarm, der die Absinkbewegung des Stützelements in eine beispielsweise größere Absenkung des Drucksensors überträgt.

- 5 Eine Auswerteeinheit zur Bestimmung der Meßwertdifferenzen, die infolge des Absinkens des Drucksensors beim Eindringen des Stützelements in den Gewässergrund auftreten, ist vorzugsweise über Wasser, beispielsweise auf einem Schiff
10 untergebracht, kann aber auch unter Wasser, beispielsweise direkt am Drucksensor oder in einer unter Wasser befindlichen Tauchstation zur Überwachung untergebracht sein.

- Die Meßwerte gelangen vom Drucksensor durch eine
15 Übertragungsvorrichtung in die Auswerteeinheit. Dabei kann die Übertragung der Meßwerte drahtlos geschehen, beispielsweise durch Schallsignale.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung ist jedoch vorgesehen,
20 daß der Drucksensor als Meßwerte elektrische Signale liefert, und daß diese Signale oder aus diesen durch Umwandlung gewonnene Signale über eine elektrische Signalleitung zur Auswerteeinheit übertragen werden. Diese Ausführungsform ist besonders vorteilhaft bei
25 einem Rammsystem, das einen auf einem Pfahl sitzenden Rammhammer aufweist, der durch eine oder mehrere Versorgungsleitungen mit einem Arbeitsschiff verbunden ist. Die ohnehin zur Energie-, Luft-, Öl- und Signalübertragung vorgesehenen
30 Versorgungsleitungen können auf einfache Weise mit der elektrischen Signalleitung für den Drucksensor ergänzt werden. Der Drucksensor selbst ist am Rammhammer fest angebracht.

Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im allgemeinen viele Meßwerte des Drucksensors an die Auswerteeinheit übertragen. Zwischen der Übertragung zweier Meßwerte wird das Stützelement, beispielsweise ein Pfahl, durch den Rammhammer unter Aufwendung eines bestimmten Energiebetrags, der sich beispielsweise aus der Zahl der Rammschläge abschätzen läßt, weiter in den Gewässerboden eingebracht. Um die Tragfähigkeit des Stützelements abschätzen zu können, muß auch der eingebrachte Energiebetrag registriert werden, beispielsweise durch Zählen der Rammschläge. Die Zahl der Rammschläge kann dann ebenfalls durch eine Signalleitung an die Auswerteeinheit übertragen werden.

Um all diese Daten automatisch zu verarbeiten, ist es vorteilhaft, wenn die Auswerteeinheit einen Computer umfaßt, der die Meßwerte automatisch erfaßt und speichert. Durch diese Maßnahme kann man die erfindungsgemäße Einrichtung automatisch betreiben und auf eine ständige Überwachung durch eine dafür vorgesehene Person verzichten, wobei gleichzeitig Fehler der Überwachenden Person beim Protokollieren der Meßwerte vermieden werden.

Die Erfassung und Speicherung der Meßwerte kann zu vorbestimmten Zeitpunkten oder in regelmäßigen Zeitintervallen erfolgen, sie kann aber auch jeweils nach Aufwendung eines bestimmten Energiebetrags für das Einbringen des Stützelements, beispielsweise nach einer bestimmten Anzahl von Rammschlägen erfolgen.

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Computer aus den Meßwertdifferenzen ständig die Eindringtiefe berechnet und anzeigt. Dadurch wird eine gelegentliche Kontrolle durch eine Überwachungsperson ermöglicht.

Um eine Verwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung bei den in Frage kommenden Wassertiefen bis etwa 2000 m zu ermöglichen und gleichzeitig eine Messung der Eindringtiefe mit einer Genauigkeit von etwa 1 cm zu gewährleisten, wird empfohlen, daß der Drucksensor zur Messung von absoluten Drücken in der Größenordnung von 200 bar geeignet ist und eine Meßgenauigkeit in der Größenordnung von 1 mbar aufweist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht das Signal des Drucksensors aus einer analogen elektrischen Größe, vorzugsweise einem Strom, der über einen Analog-Digital-Wandler in ein digitales Signal umgewandelt und zur Auswerteeinheit übertragen wird. Diese Ausführungsform wird insbesondere empfohlen, wenn sich der Drucksensor in einer großen Wassertiefe, beispielsweise in 2000 m Tiefe, und die Auswerteeinheit an der Wasseroberfläche befindet. In diesem Fall kommt wegen der großen Übertragungsstrecke für die Übertragung des Meßsignals mit höchster Genauigkeit nur eine digitale Übertragung in Frage.

Eine Wassertiefe von 2000 m erfordert einen Drucksensor, der Absolutdrücke bis etwa 200 bar bei einer Auflösung von 1 bis 2 mbar messen kann. Zur Übertragung eines derartig großen Meßbereichs mit der erforderlichen Meßgenauigkeit wäre ein Analog-Digital-Wandler mit einer digitalen Auflösung von mindestens 18 Bit erforderlich. Derartige Analog-Digital-Wandler sind aufwendig und teuer.

Alternativ kommen auch Drucksensoren in Frage, die einen Ausgang mit einer vom Druck abhängigen Frequenz oder einen digital seriellen Ausgang aufweisen und dadurch die erforderliche Auflösung ermöglichen.

Handelsübliche und kostengünstige Analog-Digital-Wandler weisen lediglich eine digitale Auflösung von 12 Bit auf. Wenn der Meßbereich für die Wassertiefe von 0 bis 2000 m reichen soll, ist bei einer
5 Signalübertragung mit 12 Bit nur eine Meßgenauigkeit von 0,5 m bis 1 m möglich, obwohl das analoge Signal des Sensors eine wesentlich höhere Genauigkeit bietet.

10 Zur Lösung dieses Problems ist in einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß zwischen dem Drucksensor und dem Analog-Digital-Wandler ein elektronischer Subtrahierer und ein Verstärker geschaltet sind, womit ein vorwählbarer
15 Teilmeßbereich über den gesamten Umwandlungsbereich des Analog-Digital-Wandlers gespreizt werden kann. Dadurch steht die volle Auflösung des Analog-Digital-Wandlers für einen kleineren analogen Teilbereich zur Verfügung. Wenn beispielsweise der analoge
20 Teilmeßbereich von 2000 m auf ungefähr 80 m verkleinert wird, kann mit einem 12-Bit-Analog-Digital-Wandler eine Auflösung von 2 cm erreicht werden.

25 Eine weitere Alternative stellt die Verwendung von Drucksensoren mit integrierter Logik zur hochgenauen Meßwerterfassung und digitaler Datenübertragungsschnittstelle dar.

Wenn der Drucksensor an einem zum Einrammen von Pfählen in den Gewässerboden dienenden Rammhammer befestigt ist und die Versorgungsleitungen des
30 Rammhammers auch die Signalleitung des Drucksensors umfaßt, ist es zweckmäßig, daß ein für die Überwachung und Steuerung des Rammhammers bestimmter Computer auch zur Erfassung, Speicherung und Auswertung der Meßwerte des Drucksensors dient. Ein
35 besonderer Computer für die Bestimmung der

Eindringtiefe ist dabei nicht erforderlich.
Vorzugsweise registriert, dieser Computer auch die
Anzahl der Rammschläge und berechnet die dafür
aufgewandte Energiesumme.

- 5 Bei der einfachsten Ausführungsform des
erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Eindringtiefe
aus der Differenz des vorhergehenden und des weiteren
Meßwerts bestimmt, indem die Differenz mit einem
geeigneten Kalibrierungsfaktor multipliziert wird.
10 Dadurch erhält man im allgemeinen eine ausreichende
Meßgenauigkeit, da unter idealen Bedingungen der
Kalibrierungsfaktor in erster Näherung für alle
Meßwerte gleich groß ist. Reale Drucksensoren zeigen
allerdings insbesondere an den Grenzen ihres
15 Meßbereichs ein nichtlineares Verhalten. Zur
Steigerung der Meßgenauigkeit können daher in
Abhängigkeit der absoluten Höhe des Meßwerts
verschiedene Kalibrierungsfaktoren verwendet werden.
Insbesondere bei Verwendung eines Computers zur
20 Berechnung der differentiellen Eindringtiefe kann
diese Maßnahme ohne nennenswerten Mehraufwand
durchgeführt werden.

- Zur Verbesserung der Linearität und Genauigkeit der
Umrechnungsfunktion von Druck in Tiefe wird
25 vorzugsweise eine Gezeitenkompensation und eine
ortsabhängige Erdbeschleunigungskompensation
vorgenommen sowie eine tiefenabhängige
Dichtenänderungsfunktion des Wassers berücksichtigt.

- In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen
30 Verfahrens ist vorgesehen, daß während eines
Meßintervalls weitere Daten aus der zum Einbringen
des Stützelements dienenden Vorrichtung genommen und
festgehalten werden, insbesondere Daten zur
Bestimmung des für das Einbringen des Stützelements
35 erforderlichen Energiebetrags. Durch diese Maßnahme

wird das Verfahren dahingehend verbessert, daß nicht nur eine einfache Bestimmung der Eindringtiefe an sich, sondern auch eine Abschätzung des Widerstands des Gewässerbodens gegen das Einbringen des Stützelements in der erreichten Eindringtiefe möglich wird.

In einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, daß für jeden festgehaltenen Meßwert auch ein Zeitpunkt registriert wird. Damit läßt sich bei einer späteren Auswertung der Meßwerte auch der zeitliche Verlauf des Einbringens darstellen.

Das Verfahren kann dadurch noch verbessert werden, daß die aus den Meßwerten berechneten Eindringtiefen in einem Diagramm dargestellt werden. Dabei können die Eindringtiefen wahlweise über die Zeitintervalle, über die beim Einbringen aufgewandte Energie (Anzahl der Rammschläge) oder auch über die auf eine feste Eindringtiefendifferenz bezogene aufgewendete Energie aufgetragen werden. Die Darstellung in einem Diagramm hat den Vorteil, daß man auf einen Blick die Geschichte, den Fortschritt und den Status des Einbringvorgangs erfassen kann und etwa infolge von Störungen auftretende Fehlmeßwerte sofort ins Auge fallen.

In einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, daß vor Beginn der Bestimmung der Eindringtiefe der Meßwert des Drucksensors mittels eines elektronischen Subtrahierers auf nahezu Null herabgesetzt und der verbleibende Restwert mittels eines Verstärkers mit voreinstellbarem Verstärkungsfaktor verstärkt wird, wobei die Größe des Verstärkungsfaktors so vorgewählt wird, daß der verstärkte Restwert bei der maximalen erwarteten Eindringtiefe den höchsten von einem nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler verarbeitbaren Analogwert nicht übersteigt. Die

Vorteile dieser Maßnahme liegen in einer verbesserten Meßgenauigkeit bei einer gegebenen begrenzten digitalen Auflösung des Analog-Digital-Wandlers.

5 Durch die genannte Anpassung des Verstärkungsfaktors wird der verwendete Teilmeßbereich optimal ausgenutzt.

Das Verfahren kann dadurch noch verbessert werden, daß das Herabsetzen des Meßwertes des Drucksensors mittels des Subtrahierers vor Beginn der Bestimmung
10 der Eindringtiefe automatisch erfolgt. Diese Maßnahme vereinfacht die Anwendung des Verfahrens und vermeidet Zeitverluste durch Fehlbedienung.

Die Erfindung kann auch schon durch die Verwendung eines an sich bekannten, zur Messung von Wasserdruck geeigneten Drucksensors für die Bestimmung der
15 Eindringtiefe aus dem beim Einbringen von Stützelementen in einen Gewässergrund auftretenden Druckdifferenzen verwirklicht werden. Dabei ist es zweckmäßig, das weiter oben beschriebene Verfahren
20 anzuwenden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

25 Fig. 1: eine Rammvorrichtung auf dem Meeresgrund mit einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe;

Fig. 2: eine Sensoreinheit mit Drucksensor, Subtrahierer, Verstärker und Analog-Digital-Wandler;

30 Fig. 3: eine Sensoreinheit mit Drucksensor und hochauflösendem Analog-Digital-Wandler;

Fig. 4: eine Sensoreinheit mit Drucksensor und Frequenzausgang; und

Fig. 5: eine Sensoreinheit mit Drucksensor und digitalserieller Schnittstelle.

5 In Fig. 1 ist eine Rammvorrichtung mit einem Rammhammer 1, einem Pfahl 2 und einem Bündel von Versorgungsleitungen 3 dargestellt. Der Rammhammer 1 ist unter Wasser auf dem Pfahl 2 sitzend angeordnet. Die Rammvorrichtung befindet sich in einer großen
10 Tiefe unterhalb der Meeresoberfläche 4 und unmittelbar über dem Meeresboden 5, in den der Pfahl 2 eingebracht werden soll. Zum Einrammen des Pfahls 2 übt der Rammhammer 1 auf diesen eine Folge von Rammschlägen aus, wobei sich der Rammhammer 1
15 zusammen mit dem Pfahl 2 in Pfeilrichtung 6 absenkt.

Am oberen Ende des Rammhammers 1 ist ein Drucksensor 7 zur Messung des Wasserdrucks befestigt. Der Drucksensor 7 mißt den seiner aktuellen Tiefe 8 unter der Meeresoberfläche 4 entsprechenden
20 Wasserdruck.

Beim Einsinken des Pfahls 2 in den Meeresboden 5 wird auch der Drucksensor 7 zusammen mit dem Rammhammer 1 abgesenkt, wobei der gemessene Wasserdruck zunimmt. Zur Beginn des Einrammens befand sich der
25 Drucksensor 7 in einer Anfangstiefe 9 unterhalb der Meeresoberfläche 4, in der ein geringerer Wasserdruck gemessen wurde. Der Tiefenunterschied 10 zwischen der Anfangstiefe 9 und der aktuellen Tiefe 8 entspricht einem Druckunterschied, der durch Subtraktion der
30 jeweils in der Anfangstiefe 9 und der aktuellen Tiefe 8 gemessenen Wasserdrücke ermittelt wird.

Der Drucksensor nach Fig. 2 liefert einen dem Druck proportionalen elektrischen Strom 11, der über einen

15
Analog-Digital-Wandler 12 in ein digitales Signal
umgewandelt und zu einer Auswerteeinheit 16
übertragen wird. Zwischen dem Drucksensor 7 und dem
Analog-Digital-Wandler 12 ist ein elektronischer
5 Subtrahierer 13 und ein Verstärker 14 geschaltet, die
zur Spreizung eines vorwählbaren Teilmeßbereichs des
Drucksensors 7 über den gesamten Umwandlungsbereichs
des Analog-Digital-Wandlers 12 dienen. Dieser Vorgang
wird weiter unten genauer beschrieben.

10 Der vom Drucksensor 7 gelieferte Strom 11 wird vom
Analog-Digital-Wandler 12 digitalisiert und über eine
elektrische Signalleitung 15, die in dem Bündel von
Versorgungsleitungen 3 enthalten ist, zu einer auf
einem nicht gezeigten Arbeitsschiff befindlichen
15 Auswerteeinheit 16 übertragen. Die Auswerteeinheit 16
umfaßt einen nicht gezeigten Computer, der die
Meßwerte automatisch erfaßt, speichert, aus den
Meßwertdifferenzen ständig den der Eindringtiefe des
Pfahls 2 entsprechenden Tiefenunterschied 10
20 berechnet und anzeigt.

Da derartige Rammarbeiten bis in Tiefen von 2000 m
unter der Meersoberfläche 4 durchgeführt werden, ist
der Drucksensor 7 zur Messung von absoluten Drücken
bis 200 bar geeignet. Andererseits besitzt er eine
25 Meßgenauigkeit von 1 mbar, damit der
Tiefenunterschied 10, der der Eindringtiefe des
Pfahls 2 entspricht, auf 1 bis 2 cm genau berechnet
werden kann.

Die Bestimmung der Eindringtiefe des Pfahls 2
30 geschieht im einzelnen durch das nachfolgend
beschriebene Verfahren.

Vor Beginn des Einrammens des Pfahls 2 befindet sich
der Drucksensor 7 in der Anfangstiefe 9. In dieser
Situation wird vom Computer der Auswerteeinheit 16

ein erster Meßwert des Drucksensors 7 gemessen und als Referenzwert abgespeichert. Der Computer steuert und überwacht auch den Rammhammer 1 und registriert insbesondere die Anzahl der ausgeführten Rammschläge, aus denen man unter Berücksichtigung weiterer technischen Daten der Rammvorrichtung die zum Einrammen des Pfahls 2 aufgewendete Energie berechnen kann. Nach Aufwendung eines bestimmten Energiebetrags, d.h. nach Ausführung einer bestimmten Anzahl von Rammschlägen, registriert der Computer einen weiteren Meßwert des Drucksensors 7 und speichert auch diesen ab. Anschließend berechnet er aus der Differenz des vorhergehenden und des nachfolgenden Meßwerts durch Multiplikation dieser Differenz mit einem vorbestimmten Kalibrierungsfaktor die zwischen den beiden Meßwerten erzielte Eindringtiefe 10. Wenn die gewünschte Eindringtiefe erreicht ist, kann das Verfahren hier abgebrochen werden.

Im allgemeinen wünscht man aber ein Protokoll des Rammvorgangs in Form eines Diagramms mit einer größeren Anzahl von Meßwerten, die beispielsweise über die Zeit oder über die Zahl der Rammschläge oder über die Eindringtiefe aufgetragen werden. In diesen Fällen werden die Verfahrensschritte ab dem zweiten Verfahrensschritt wiederholt, d.h. ein weiterer Meßwert wird nach Ablauf der vorgegebenen Anzahl von Rammschlägen gemessen, abgespeichert und aus der Differenz zum vorhergehenden Meßwert eine weitere differentielle Eindringtiefe berechnet, die wiederum im Diagramm dargestellt wird. Selbstverständlich kann der Computer auch die insgesamt seit Messung des ersten Referenzwertes erzielte Eindringtiefe berechnen.

Da der verwendete Analog-Digital-Wandler 12 bei Fig. 2 nur eine digitale Auflösung von 12 Bit aufweist, kann der vom Drucksensor 7 gelieferte analoge Strom 11 nicht über den gesamten Meßbereich von 200 bar mit der erforderlichen Auflösung von 1 bis 2 mbar verarbeitet werden. Um trotzdem über den gesamten Meßbereich eine ausreichende Auflösung zu erhalten, ist der Subtrahierer 13 und der Verstärker 14 zwischen den Drucksensor 7 und den Analog-Digital-Wandler 12 geschaltet.

Diese Anordnung ist schematisch in Fig. 2 dargestellt. Mittels einer während der Bestimmung der Eindringtiefe 10 konstanten Spannung 20 wird die vom Drucksensor 7 gelieferte analoge Spannung 11 vor Beginn des oben beschriebenen Verfahrens nahezu auf Null herabgesetzt. Dies kann ohne weiteres automatisch geschehen, indem der Einregelungsvorgang durch ein von der Auswerteeinheit 16 geschicktes Startsignal ausgelöst wird. Dabei kann eine geeignete elektronische Schaltung die erforderliche konstante Spannung 20 durch Messung der vom Drucksensor 7 gelieferten momentanen Spannung 11 bestimmen und nach dem Einregeln festhalten.

Der am Ausgang des Subtrahierers 13 verbleibende Restwert 17 ist, wie gesagt, zunächst auf nahezu Null gesetzt, steigt aber im Laufe des Einrammens des Pfahls 2 geringfügig an. Um die digitale Auflösung des Analog-Digital-Wandlers 12 besser ausnutzen zu können, muß der verbleibende Restwert 17 verstärkt werden. Dies geschieht im nachgeschalteten Verstärker 14, der eine Multiplikation des Restwerts 17 mit einem Verstärkungsfaktor 18 bewirkt. Am Ausgang des Verstärkers 14 liegt der verstärkte Restwert 19 an, der auf den Eingang des Analog-Digital-Wandlers 12 gegeben wird. Der

Verstärkungsfaktor 18 wird derart vorgewählt, daß der verstärkte Restwert 19 bei der maximalen erwarteten Eindringtiefe 10 den von dem nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler 12 verarbeitbaren Analogwert nicht übersteigt.

Aufgrund der so erzielten Spreizung eines Teilmeßbereichs des Drucksensors 7 wird der gespreizte Teilbereich trotz der begrenzten digitalen Auflösung des Analog-Digital-Wandlers 12 mit ausreichender Meßgenauigkeit über die Signalleitung 15 zur Auswerteeinheit 16 übertragen.

Bei einer in Fig. 3 dargestellten Abwandlung der Erfindung sind Subtrahierer und Verstärker überflüssig, weil hier ein hochauflösender Analog-Digital-Wandler 21 verwendet wird, der eine Auflösung von mehr als 12 bit aufweist.

Bei einer in Fig. 4 dargestellten weiteren Abwandlung der Erfindung erzeugt der Drucksensor 7 zwei Frequenzsignale 23 und 24, die in zwei Frequenz-Digital-Wandlern 25 und 26 digitalisiert werden. Ein erstes Frequenzsignal 23 ist dabei abhängig vom Wasserdruck am Ort des Drucksensors 7, während das zweite Frequenzsignal 24 von der Temperatur am Ort der Druckmessung abhängig ist und zur Kompensation von temperaturabhängigen Abweichungen des Druckmeßwertes vorgesehen ist.

In der nicht gezeigten Auswerteeinheit werden die digitalen Signale aus den Frequenz-Digital-Wandlern 25, 26 ausgewertet und der Druck am Ort des Drucksensors 7 mit hoher Genauigkeit berechnet. Bei der Berechnung werden neben den beiden Frequenzsignalen 23, 24 des Drucksensors 7 auch noch weitere Koeffizienten zur Korrektur des Meßwertes berücksichtigt.

Bei einer in Fig. 5 dargestellten weiteren Abwandlung der Erfindung ist die Sensoreinheit mit einer digitalseriellen Schnittstelle 22 ausgestattet, die mit dem Ausgang des Drucksensors 7 verbunden ist, dessen Signal sie digitalisiert und seriell an die Auswerteeinheit 16 weiterleitet.

Anmelder: MENCK GMBH
Unser Zeichen: 0033RPA

Vonneman & Partner

Bezugszeichenliste

5	1	Rammhammer
	2	Pfahl
	3	Versorgungsleitungen
	4	Meeresoberfläche
	5	Meeresboden
10	6	Richtung
	7	Drucksensor
	8	aktuelle Tiefe
	9	Anfangstiefe
	10	Tiefenunterschied/Eindringtiefe
15	11	Strom
	12	Analog-Digital-Wandler
	13	Subtrahierer
	14	Verstärker
	15	Signalleitung
20	16	Auswerteeinheit
	17	Restwert
	18	Verstärkungsfaktor
	19	verstärkter Restwert
	20	konstante Spannung
25	21	Analog-Digital-Wandler
	22	digitalserielle Schnittstelle
	23	erstes Frequenzsignal
	24	zweites Frequenzsignal
	25	erster Frequenz-Digital-Wandler
30	26	zweiter Frequenz-Digital-Wandler

P A T E N T A N S P R Ü C H E

- 5 1. Einrichtung zur Bestimmung der Eindringtiefe
beim Einbringen von Stützelementen in einen
Gewässergrund, g e k e n n z e i c h n e t
d u r c h einen an dem Stützelement (2) oder
an einer mit dem Stützelement (2) verbundenen
10 Vorrichtung (1) befestigbaren Drucksensor (7)
zur Messung des Wasserdrucks, durch eine
Vorrichtung (12 bis 15) zur Übertragung der vom
Drucksensor (7) gelieferten Meßwerte (11) und
durch eine Auswerteeinheit (16) zur Bestimmung
15 von Meßwertdifferenzen, die infolge des
Absinkens des Drucksensors (7) beim Eindringen
des Stützelements (2) in den Gewässergrund (5)
auftreten.
- 20 2. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß der
Drucksensor (7) als Meßwerte elektrische
Signale (11) liefert und daß diese Signale (11)
oder aus diesen durch Umwandlung gewonnene
Signale über eine elektrische Signalleitung
25 (15) zur Auswerteeinheit (16) übertragen
werden.
- 30 3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Auswerteeinheit (16) einen Computer umfaßt,
der die Meßwerte automatisch erfaßt und
speichert.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß der Computer

aus den Meßwertdifferenzen ständig die Eindringtiefe (10) berechnet und anzeigt.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
5 daß der Drucksensor (7) zur Messung von
absoluten Drücken bis zu 200 bar geeignet ist
und eine Meßgenauigkeit in der Größenordnung
von 1 mbar aufweist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
10 dadurch gekennzeichnet,
daß das Signal des Drucksensors (7) aus einer
analogen elektrischen Größe, vorzugsweise einem
Strom (11) besteht, die über einen Analog-
Digital-Wandler (12) in ein digitales Signal
15 umgewandelt und zur Auswerteeinheit (16)
übertragen wird.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch
gekennzeichnet, daß zwischen dem
Drucksensor (7) und dem Analog-Digital-
20 Wandler (12) ein elektronischer
Subtrahierer (13) und ein Verstärker (14)
geschaltet sind, womit ein vorwählbarer
Teilmeßbereich über den gesamten
Umwandlungsbereich des Analog-Digital-
25 Wandlers (12) gespreizt werden kann.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Signal des Drucksensors (7) über eine
digitalserielle Schnittstelle (22) zur
30 Auswerteeinheit (16) übertragen wird.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Drucksensor (7) ein druckabhängiges

- 5 Frequenzsignal (23) und ein temperaturabhängiges Frequenzsignal(24) liefert und daß die Frequenzsignale (23, 24) über zwei Frequenz-Digital-Wandler (25, 26) digitalisiert und die zwei digitalen Signale an die Auswerteeinheit (16) übertragen werden.
10. 10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Drucksensor (7) an einem zum Einrammen von Pfählen (2) in den Gewässerboden (5) dienenden Rammhammer (1) befestigt ist und daß die Versorgungsleitungen (3) des Rammhammers (1) auch die Signalleitung (15) des Drucksensors (7) umfaßt.
- 15 11. 11. Einrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ein für die Überwachung und Steuerung des Rammhammers (1) bestimmter Computer auch zur Erfassung, Speicherung und Auswertung der Meßwerte des Drucksensors (7) dient.
- 20 12. 12. Einrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Computer auch die Anzahl der Rammschläge registriert und die dafür aufgewandte Energiesumme berechnet.
- 25 13. 13. Verfahren zur Bestimmung der Eindringtiefe beim Einbringen von Stützelementen (2) in einen Gewässergrund (5), unter Verwendung eines zur Messung von Wasserdruck geeigneten und unter Wasser an einem Stützelement (2) oder an einer mit dem Stützelement(2) verbundenen Vorrichtung (1) befestigten Drucksensors (7), g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die nachfolgenden Verfahrensschritte:
- 30

- vor Beginn oder während des Einbringens eines Stützelements (2) wird ein erster Meßwert des Drucksensors (7) gemessen und als Referenzwert festgehalten;
- 5 - nach Aufwendung eines bestimmten Energiebetrags für das Einbringen des Stützelements (2) bzw. nach Ablauf des dafür erforderlichen Zeitintervalls wird ein weiterer Meßwert des Drucksensors (7) 10 gemessen und festgehalten;
- aus der Differenz des vorhergehenden und des weiteren Meßwerts wird die durch das zwischenzeitliche Einbringen erzielte Eindringtiefe (10) berechnet, vorzugsweise 15 durch Multiplikation der Differenz mit einem geeigneten Kalibrierungsfaktor;
- falls die gewünschte Eindringtiefe (10) noch nicht ausreicht, werden die 20 Verfahrensschritte ab dem zweiten Verfahrensschritt wiederholt.
- 14. Verfahren nach Anspruch 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zur Verbesserung der Genauigkeit der Umrechnungsfunktion von Druck in Wegstrecke 25 eine Gezeitenkompensation und/oder eine Erdbeschleunigungskompensation und/oder eine tiefenabhängige Dichteänderung des Wassers berücksichtigt wird.
- 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, d a - 30 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß während eines Meßintervalls weitere Daten aus der zum Einbringen des Stützelements (2) dienenden Vorrichtung (1) genommen und

festgehalten werden, insbesondere Daten zur Bestimmung des für das Einbringen des Stützelements (2) erforderlichen Energiebetrags.

- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 daß für jeden festgehaltenen Meßwert auch ein
 Zeitpunkt registriert wird.
- 10 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 daß die aus den Meßwerten berechneten
 Eindringtiefen (10) in einem Diagramm
 dargestellt werden.
- 15 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 daß vor Beginn der Bestimmung der Eindringtiefe
 (10) der Meßwert (11) des Drucksensors (7)
 mittels eines elektronischen Subtrahierers (13)
 auf nahezu Null herabgesetzt und der
20 verbleibende Restwert (17) mittels eines
 Verstärkers (14) mit voreinstellbarem
 Verstärkungsfaktor (18) verstärkt wird, wobei
 die Größe des Verstärkungsfaktors (18) so
 vorgewählt wird, daß der verstärkte
25 Restwert (19) bei der maximalen erwarteten
 Eindringtiefe (10) den höchsten von einem
 nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler (12)
 verarbeitbaren Analogwert nicht übersteigt.
- 30 19. Verfahren nach Anspruch 18, d a d u r c h
 g e k e n n z e i c h n e t, daß das
 Herabsetzen des Meßwertes des Drucksensors (7)
 mittels des Subtrahierers (13) vor Beginn der
 Bestimmung der Eindringtiefe (10) automatisch
 erfolgt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Meßwert (11) des Drucksensors (7)
mittels eines hochgenauen Analog-Digital-
Wandlers (21) mit einer digitalen Auflösung von
mehr als 12 bit digitalisiert wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Drucksensor (7) mit einer
digitalseriellen Schnittstelle (22) versehen
ist, die eine Auflösung von bis zu 0,05 ppm auf
einem Bereich von 3000 PSI aufweist.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Meßwert (11) des Drucksensors (7)
mittels eines ersten Frequenzsignals (23) und
der Meßwert eines Temperatursensors mittels
eines zweiten Frequenzsignals (24) übertragen
wird.
23. Verwendung eines zur Messung von Wasserdruck
geeigneten Drucksensors (7) für die Bestimmung
der Eindringtiefe (10) aus den beim Einbringen
von Stützelementen (2) in einen Gewässergrund
(5) auftretenden Druckdifferenzen, vorzugsweise
mittels eines Verfahrens nach einem der
Ansprüche 13 bis 22.

Fig. 1

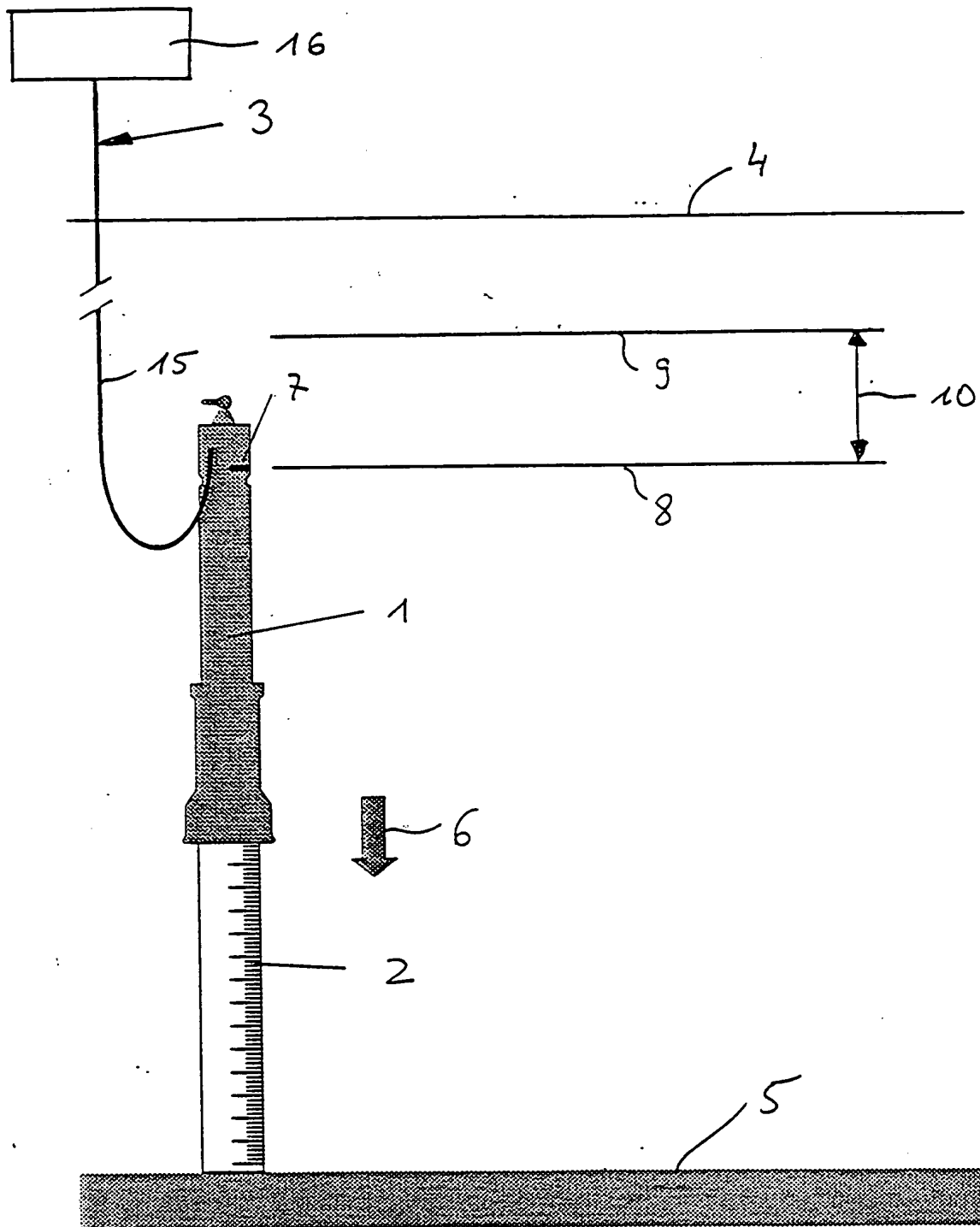
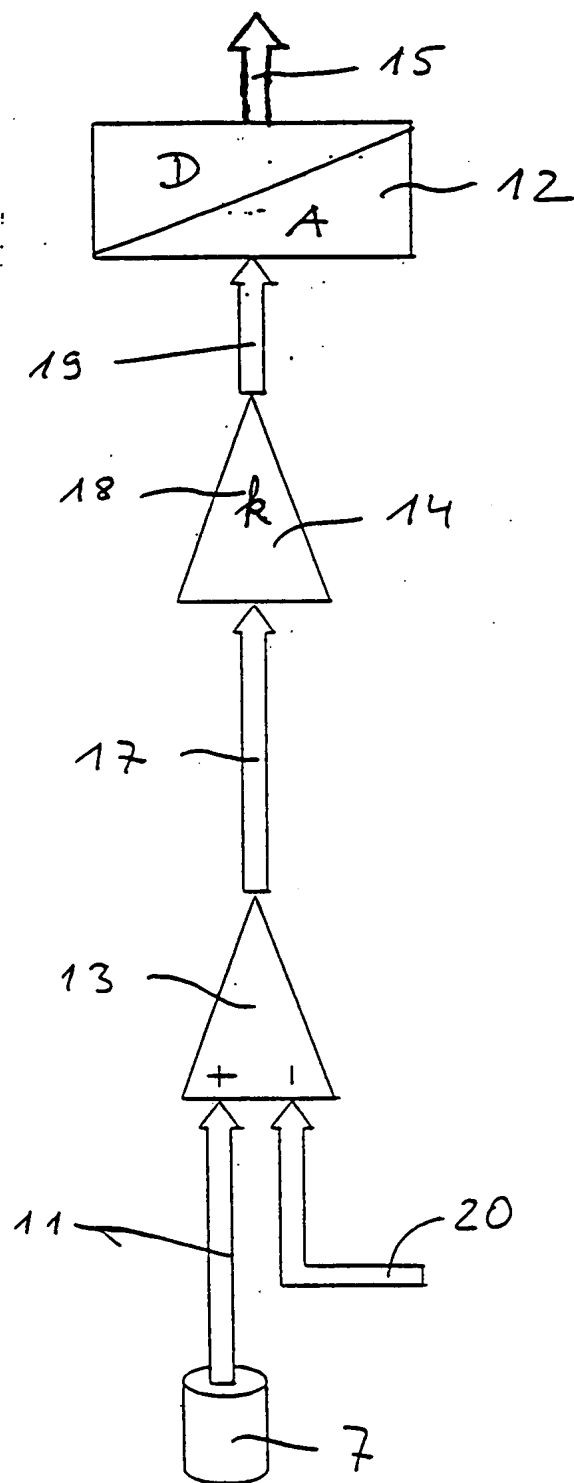


Fig. 2



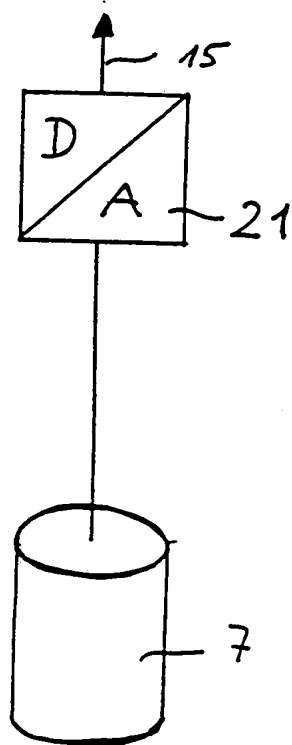


Fig. 3

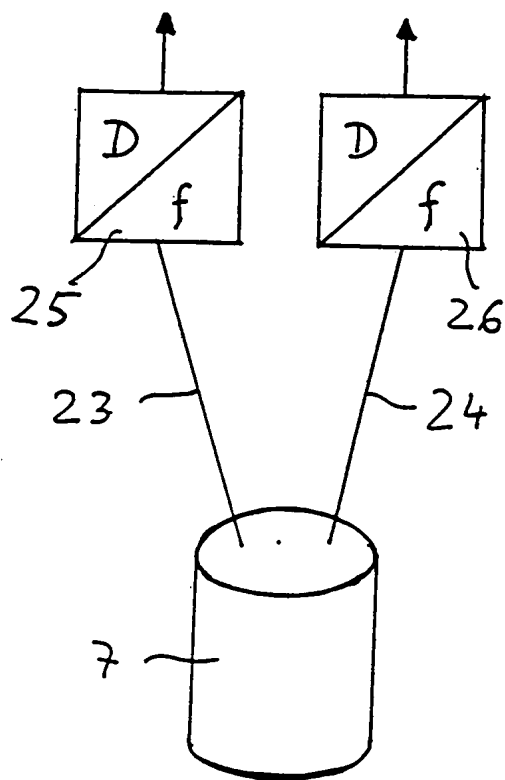


Fig. 4

Fig. 5

